

AP3 Rec'd PCT/PTO 08 JUN 2005

**Verfahren zur Kalibrierung von analog regelnden elektrisch
ansteuerbaren hydraulischen Ventilen**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren gemäß Oberbegriff von Anspruch 1 sowie eine Vorrichtung gemäß Anspruch 7.

Es ist bekannt, in ABS-Steuergeräten für Kraftfahrzeugbremsysteme, aber auch in sogenannten Fahrdynamikreglern mit zusätzlichen Funktionen wie ESP etc., analog regelnde elektrisch ansteuerbare hydraulischen Ventile zur Regelung des Hydraulikdrucks einzusetzen.

Bei neueren Generationen von Hydraulikregelvorrichtungen werden sogenannte Analog/Digital-Ventile eingesetzt. Ein Analog/Digitalventil ist ein Schaltventil, welches so betrieben wird, dass es analoge Regeleigenschaften besitzt. Dieses Ventil ist in der Weise konstruiert, dass es sowohl analog als auch digital betrieben werden kann.

Ein Verfahren zur Erkennung des Schaltpunktes des Ventils, insbesondere zur Bestimmung der Druckverhältnisse aus dem Stromverlauf des Ventilansteuerstromes, geht aus der EP 0 813 481 B1 (P 7565) hervor.

Im Prinzip lässt sich der durch das Ventil aufgebaute Druckgradient über den Spulenstrom einstellen. Allerdings ist hierzu bekanntlich eine aufwendige Kalibrierung notwendig. Hierzu werden, wie z.B. in der WO 01/98124 A1 (P 9896) beschrieben, Kennlinien für die Ventile ermittelt und in Abhängigkeit vom gewünschten Druckgradienten mit Hilfe der Kennlinien berechnete Sollströme eingestellt. Der Volumenstrom Q hängt demzufolge über die Kennlinie f vom Differenzstrom Δp und vom Strom I ab.

Aus der DE 102 214 56 A1 ist ein Kalibrierverfahren für analogisierte Einlass- und Trennventile gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1 bekannt. Das in dieser Druckschrift beschriebene Kalibrierverfahren kommt nicht ohne die Nutzung einer sogenannten Prüfstange aus, welches daher zum Niederdrücken des Bremspedals eine entsprechend aufwendig gestaltete Prüfvorrichtung voraussetzt.

Eine Erstellung von individuellen Kalibrierdaten oder Kennlinien für jedes Ventil während der Fertigung, zum Beispiel durch manuelles Einsetzen des Bremsensteuergerätes in eine Vorrichtung mit Prüfstange, ist allerdings aufwendig und nachteilhaft. Weiterhin ist es nachteilhaft, wenn zum Beispiel die Elektronik einer diese Ventile enthaltenden elektrohydraulischen Vorrichtung zum Zwecke der Wartung zu einem späteren Zeitpunkt ausgetauscht werden muss. In diesem Fall gehen die dort gespeicherten Kalibrierdaten in der Regel verloren. Es besteht daher die Aufgabe, ein Verfahren anzugeben, mit dem sich entsprechend geeignete Kalibrierdaten oder Kennlinien auf einfachere Weise erstellen lassen.

Diese Aufgabe wird durch das Verfahren gemäß Anspruch 1 gelöst.

Die Kalibrierung nach der Erfindung erfolgt durch die Vorrichtung automatisch unter Nutzung der hydraulischen Energie der fremdkraftgesteuerten Druckaufbauvorrichtung (zum Beispiel eine von einem Motor angesteuerte Kolbenpumpe). Die Kalibrierung wird bevorzugt erst nach der Produktion des Ventils oder der elektrohydraulischen Vorrichtung in dem Objekt, in dem das Ventil bzw. die elektrohydraulische Vorrichtung eingebaut ist, durchgeführt. Die Kalibrierung kann also zum Beispiel erst nach dem Einbau des Steuergeräts in ein Kraftfahrzeug erfolgen.

Dieses Verfahren ist erheblich kostengünstiger, als eine Erstellung von Kalibrierdaten am Band, da eine Übertragung der Kalibrierdaten in die mit dem Ventil verbundene elektronische Steuerung nicht mehr erforderlich ist.

Vorzugsweise umfasst die elektrohydraulische Regeleinrichtung, in der die Ventile eingebaut sind, mehrere hydraulische Druckregelkreise, die getrennt mittels Einlass- und Auslassventile ansteuerbar sind. Besonders bevorzugt ist jedem Kreis ein Bremszylinder zugeordnet. Im Beispiel einer Bremsvorrichtung ist jeder Druckregelkreis einem Kraftfahrzeugrad zugeordnet.

Die elektrohydraulische Regeleinrichtung umfasst eingangsseitig vorzugsweise einen Drucksensor zum Beispiel im Bereich des Hauptzylinders (Thz).

Mehrere oder alle Kreise sind vorzugsweise mit weiteren "Kreisdruck-sensoren" ausgestattet, welche eine individuelle Druckmessung in jedem Hydraulikkreis gestatten.

Bei den erfindungsgemäß zu kalibrierenden Magnetventilen, wobei es sich insbesondere um stromlos offene Einlassventile eines Bremsenssteuergerätes handelt, lässt sich einem bestimmten Differenzdruck ein im wesentlichen zugeordneter Spulenstrom bestimmen.

Das Verfahren kann vorzugsweise auch gleichzeitig zur Überprüfung der ordnungsgemäßen Funktion der Vorrichtung verwendet werden.

Zweckmäßigerweise wird die beschriebene Kalibrieroutine nach dem Einbau des Bremsensteuergeräts einmalig bei der ersten Inbetriebnahme oder bei jedem Zündungslauf vorgenommen.

Vorzugsweise befindet sich ein Kraftfahrzeug, in dem die Bremsvorrichtung insbesondere eingebaut ist, während der Durchführung der Kalibrieroutine im Stillstand.

Bevorzugt wird während des Verfahrens überwacht, ob beim Befüllen des Druckspeichers eine bestimmte vorgegebene Maximalzeit nicht überschritten wird.

Es ist weiterhin bevorzugt, dass überwacht wird, ob die ermittelte Kennlinie oder die ermittelten Kalibrierdaten innerhalb eines vorgegebenen Gültigkeitsbereich liegen.

Weitere bevorzugte Ausführungsformen ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung der Figuren.

Nachfolgend wird die Erfindung an Hand eines Beispiels näher erläutert.

Es zeigen

- Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Bremsvorrichtung mit analog ansteuerbaren Ventilen und
- Fig. 2 ein Diagramm zur Darstellung der Druckverläufe und des Ventilstroms.

In Fig. 1 ist Tandemhauptzylinder 5 mit Ventilblock 6 eines elektronischen Kraftfahrzeugbremssystems verbunden. Elektroneinheit 7 umfasst ein Mikrocontrollersystem, mit dem die im Ventilblock enthaltenen Aktuatoren und Sensoren elektronisch gesteuert bzw. ausgemessen werden. Ventilblock 6 umfasst zwei Bremskreise I und II. Jeder Bremskreis umfasst zwei Raddruckkreise mit jeweils einem Einlass- 3 und einem Auslassventil 4. 2 bezeichnet ein stromlos offenes Trennventil und 8 ein stromlos geschlossenes elektronisches Umschaltventil. In der zu Hauptzylinder 5 führenden Hydraulikleitung befindet sich ein Eingangsdrucksensor 9. In den Raddruckkreisen befinden sich ein oder mehrere Drucksensoren 10, 10', 10'', 10'''. Pumpe 1 wird zum selbstständigen Druckaufbau verwendet, zum Beispiel im ASR- oder ESP-Fall.

Zur Kalibrierung wird zunächst im ersten Schritt Ventil 2 geschlossen und Ventil 8 geöffnet. Pumpe 1 wird aktiviert. Nach Druckaufbau von etwa 5 bar in Druckkreis A (Kalibrierkreis) wird Ventil 3 geschlossen. Ventil 3' in Kreis B bleibt weiterhin offen, bis ein Druck von etwa 180 bar in Kreis B erreicht wird. Der Druck in Kreis A ist größer Null, damit während der eigentlichen Kalibrierung unerwünschte Effekte (z.B. Kavitation) nicht auftreten.

Im nächsten Schritt wird die Pumpe ausgeschaltet und Ventil 8 geschlossen. Der Druck in Kreis B ist dann zunächst ähnlich einem Druckspeicher eingeschlossen.

Mit Bezug auf Fig. 2 wird nun das weitere Verfahren erläutert. Zum Zeitpunkt t_1 wird die Pumpe ausgeschaltet. Der Druck im "Speicherrad" B beträgt etwa 180 bar. Zum Zeitpunkt t_2 wird der Ventilstrom des zu kalibrierenden Ventils 3 am "Kalibrierrad" A so weit erhöht, dass das Ventil fest geschlossen ist. Darauf folgend (ab t_3 bis t_4) wird der Strom

langsam abgesenkt. Währenddessen, an Punkt "O₀" öffnet das Ventil, so dass der Druck im Speicherrad A sinkt. Entsprechend steigt der Druck in Bereich "O'" im Kalibrierrad B an. Wenn ein Differenzdruck ($P_B - P_A$) von 140 bar erreicht ist, wird Stützstelle SP₁ erfasst und gespeichert. An Punkt SP₁ wird das Ventil 3 durch eine steile Stromerhöhung (Flanke F₁) wieder geschlossen. Die Druckänderung wird hierdurch gestoppt. Im Anschluss daran wird durch Stromabsenkung Punkt O₁ gesucht, bei dem das Ventil gerade wieder eine Druckänderung herbeiführt. Dies kann z.B. durch Überwachung einer Unterschreitung eines vorgegebenen Schwellenwertes festgestellt werden. Der Öffnungsstrom an Punkt O₁ wird mit dem Druck an Stützstelle SP₁ verknüpft gespeichert. Danach wird das Verfahren zur Messung weiterer Stützpunkte (SP₂, O₂), (SP₃, O₃), ..., (SP_n, O_n) in entsprechender Weise fortgeführt. Man erhält eine Kalibrierkurve DeltaP (I) für das Ventil 3.

Das Verfahren wird dann für die übrigen Raddruckkreise B bis D wiederholt, wobei jeweils ein benachbarter Raddruckkreis als Speicherkreis verwendet wird. Auf diese Weise können für alle Einlassventile Kalibrierkurven gemessen werden.

Das Verfahren kann zum Beispiel zusätzlich abgesichert werden dadurch, dass geprüft wird, ob

- alle Drucksensoren plausible Signale liefern,
- das Fahrzeug sich zur Kalibrierzeit im Stillstand befindet,
- eine maximale Zeit für den Druckaufbau nicht überschritten wird,
- die gefundene Kennlinie innerhalb gewisser Schranken liegt (z.B. Maxkennlinie, Minkennlinie, Mindest und Maximal-Steigung).

Es ist außerdem zweckmäßig, die Kalibrierdaten bzw. die Daten der Kennlinien durch Prüfsummen abzusichern.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Ventilkalibrierung eines analog regelnden, elektrisch ansteuerbaren Hydraulikventils (2, 2', 3, 3', 3'', 3''') in einer Vorrichtung, insbesondere elektrohydraulische Druckregeleinrichtung (4), mit zumindest einer Einrichtung zum fremdkraftgespeisten Druckaufbau (1, 1') und mit Drucksensoren (9, 10, 10', 10'', 10'''), wobei die Vorrichtung mehrere Drucksteuerkreise (A, B, C, D) sowie insbesondere mehrere Bremskreise (I., II.) umfasst und wobei zumindest einige Drucksteuerkreise mit einem diesem Kreis zugeordneten Drucksensor sowie Einlass- und Auslassventilen verbunden sind, dadurch **gekennzeichnet**, dass
 - mehrere Kalibrierrouninen zum Erzeugen und Speichern von automatisch ermittelten Kalibrierdaten durchgeführt werden und
 - während oder vor jeder Kalibrierroutine durch die fremdkraftgespeiste Druckaufbaueinrichtung (1, 1') Druck in mindestens einem Drucksteuerkreis (A, B, C, D) erzeugt wird und unter Nutzung des aufgebauten Drucks Kalibrierdaten für eines oder mehrere analog regelnde Hydraulikventile aufgenommen werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, dass ein erster Drucksteuerkreis (A) als Druckspeicher genutzt wird und die Aufnahme der Kalibrierdaten eines Ventils in mindestens einem weiteren Drucksteuerkreis (B), welcher vom ersten Kreis verschieden ist, vorgenommen wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch **gekennzeichnet**, dass auch im mindestens einen weiteren Kreis mit dem zu kalibrierenden Ventil (3') mittels der fremdkraftgespeis-

ten Druckaufbaueinrichtung Druck aufgebaut wird, wobei dieser Druck geringer ist, als der Druck im ersten Kreis.

4. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**, dass die Kalibrierdaten den Differenzdruck oder daraus ableitbare Größen umfassen und der Differenzdruck, bei dem der Öffnungsstrom des Ventils gemessen werden soll, zunächst durch Öffnen des gleichen Ventils eingestellt wird, wobei Hydraulikvolumen aus dem ersten Kreis in den weiteren Kreis abfließt, und dann das geöffnete Ventil wieder vollständig geschlossen wird.
5. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**, dass das Ventil bei einem vorher nach Anspruch 4 eingestellten und gemessenen Differenzdruck durch Variation des Ventilstroms langsam geöffnet wird und der Öffnungsstrom gemessen wird, wenn der Druck im ersten bzw. weiteren Kreis oder der Differenzdruck sich um ein festes vorgegebenes Maß verändert hat.
6. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**, dass zur Ermittlung der Kalibrierdaten mehrere Messwerte und/oder mehrere Messroutinen zum Zwecke der Genauigkeitsverbesserung oder Redundanz berücksichtigt werden.
7. Druckregelvorrichtung für elektronische Bremssysteme oder Fahrdynamikregelungssysteme, dadurch **gekennzeichnet**, dass diese einen Mikrorechner umfasst, welche das Verfahren gemäß mindestens einem der Ansprüche 1 bis 6 ausführt.

Zusammenfassung

Verfahren zur Kalibrierung von analog regelnden elektrisch ansteuerbaren hydraulischen Ventilen

Beschrieben ist ein Verfahren sowie eine Druckregelvorrichtung zur Ventilkalibrierung eines analog regelnden, elektrisch ansteuerbaren Hydraulikventils (2, 2', 3, 3', 3'', 3''') in einer Vorrichtung mit zumindest einer Einrichtung zum fremdkraftgespeisten Druckaufbau (1, 1') und mit Drucksensoren (9, 10, 10', 10'', 10'''), wobei die Vorrichtung mehrere Drucksteuerkreise (A, B, C, D) sowie insbesondere mehrere Bremskreise (I., II.) umfasst und wobei zumindest einige Drucksteuerkreise mit einem diesem Kreis zugeordneten Drucksensor sowie Einlass- und Auslassventilen verbunden sind. Bei dem Verfahren werden mehrere Kalibrierrouninen zum Erzeugen und Speichern von automatisch ermittelten Kalibrierdaten durchgeführt und es wird während oder vor jeder Kalibrierroutine durch die fremdkraftgespeiste Druckaufbau-einrichtung (1, 1') Druck in mindestens einem Drucksteuerkreis (A, B, C, D) erzeugt und es werden unter Nutzung des aufgebauten Drucks Kalibrierdaten für eines oder mehrere analog regelnde Hydraulikventile aufgenommen.

(Fig. 1)